

Conjuntos y Sistemas Difusos ***(Lógica Difusa y Aplicaciones)***

7. Modelos Difusos



E.T.S.I. Informática

J. Galindo Gómez

MODELOS DI FUSOS

- Es una **Aplicación** muy útil de los **Conjuntos Difusos**: (Bezdek, 1993; Pedrycz, 1993a, 1995; Zadeh, 1965).
- Su objetivo es **Construir un Modelo** para un determinado **Sistema** con las siguientes características:
 - Operar a nivel de **Términos Lingüísticos** (conjuntos difusos).
 - Representan y Procesan **Incertidumbre**.
- Es importante destacar que la **definición** de las etiquetas lingüísticas afectará mucho al procesamiento que efectúe el modelo:
 - La colección de **Conjuntos Difusos** debe elegirse cuidadosamente.
 - Pueden inducirse **varios modelos difusos** dependiendo de la **Granularidad** de los conjuntos difusos definidos.
 - Se forma así una **organización piramidal** de los modelos difusos, dependiendo de un procesamiento de la información **jerárquico** (o en niveles).
 - El **nivel más bajo** (la base de la pirámide) es aquel en el que la granularidad es la más fina posible: **Datos Numéricos**.

FASES del MODELADO de Sistemas

- El desarrollo de un modelo tiene las siguientes **Fases Principales**:
 - **1. Preprocesamiento**: Especificación de las variables de entrada y de salida y el estudio del conocimiento relevante.
 - **2. Estimación de Parámetros**: Se eligen los parámetros del sistema usando alguna técnica de optimización.
 - **3. Verificación del Modelo**: Se verifica su funcionamiento según los datos disponibles y se cuantifica el error producido (por ejemplo, mediante la suma del cuadrado de los errores).
 - **4. Validación del Modelo**: Se trata de asegurar que el modelo es válido, soluciona los problemas planteados y se comporta como el usuario esperaba.
- Las dos últimas fases suelen llamarse **Proceso VV** (Verificación y Validación del Modelo).
- **No existen modelos universales**: Los modelos resuelven problemas particulares.
 - Es difícil construir un modelo que solucione problemas diversos.
 - Un modelo bueno para predicción a corto plazo, puede fallar si se intenta efectuar una predicción a largo plazo.

3

TOPOLOGÍA del MODELADO DI FUSO

- Una **Arquitectura General** de un modelo difuso es:



- **Conjuntos Difusos**:
 - Forman la interfaz entre el Módulo de Procesamiento y el entorno de una aplicación particular.
 - Nos permiten ver el entorno desde la perspectiva más relevante, si escogemos un nivel de granularidad apropiado (Zadeh, 1979; Pedrycz, 1992).
 - Preprocesan los datos antes (y después) de que el Módulo de Procesamiento los use.
 - Ese preprocesamiento cambia si cambiamos la forma de los conjuntos difusos o el número de ellos definidos.

4

TOPOLOGÍA del MODELADO DI FUSO

- **Codificación/Decodificación:**

- Ambos mecanismos deben ser **compatibles**.
- Se trata de intentar conseguir un **canal de comunicación sin pérdidas** (*lossless communication channel*):

$$\text{Decodificar (Codificar(X))} = X$$

donde **X** es un fragmento de la **información de ENTRADA**.

- Estos problemas fueron tratados ya anteriormente.

- **Módulo de Procesamiento:**

- Es la parte principal del modelo, donde se almacena el comportamiento del mismo.
- Puede ser visto como:
 - Un conjunto de reglas encapsuladas en redes neuronales difusas (Pedrycz, 1993b) o en un S.B.R. Difusas.
 - Una función discriminante (lineal o no lineal): En este caso estaremos interesados en construir **clasificadores** lingüísticos.
- Da lugar a diversas clases de modelos difusos.

5

CLASES de MODELOS DI FUSOS

- **Algunos de los Tipos de Modelos más usados son:**

- 1. **Modelo Difuso en Formato Tabular** (*Tabular Format*): La información se almacena en forma de tabla (Zadeh, 1965).
 - **Ejemplo:** Si tenemos una variable de entrada **U** y la salida depende de esa variable y del estado actual del sistema **X(k)**, se puede generar una tabla para saber el estado siguiente del sistema **X(k+1)**:

$$U(k) \left\{ \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} \right\} \begin{matrix} \overbrace{B_1 \quad \dots \quad B_m}^{X(k)} \\ \left[\begin{matrix} B_1 & \dots & B_2 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ B_3 & \dots & B_2 \end{matrix} \right] \end{matrix}$$

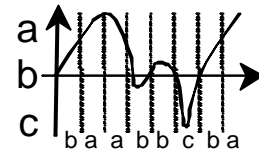
donde A_1, \dots, A_n y B_1, \dots, B_m son **etiquetas lingüísticas** de los dominios **U** y **X** respectivamente.

- **Puede traducirse también en una serie de reglas del tipo:**
“Si U(k) es A_i y X(k) es B_j , Entonces X(k+1) es B_h ”.

6

CLASES de MODELOS DI FUSOS

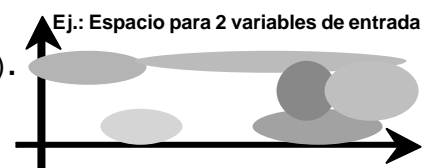
- **2. Modelo de Ecuaciones Relacionales Difusas** (*Fuzzy-Relational Equations*): Las dependencias entre variables del sistema son expresadas con **relaciones difusas** más que con funciones (Pedrycz, 1990, 1993a).
- **3. Gramáticas Difusas** (*Fuzzy Grammars*): Son un conjunto de símbolos no terminales y terminales, un símbolo no terminal que sea el símbolo inicial y un elenco de **producciones que tienen asociado un valor en [0,1]** llamado **fuerza** (*strength*) o intensidad (Santos, 1974).
 - Una Gramática Difusa genera un **Lenguaje Difuso**.
 - Los elementos del Lenguaje (cadenas) pertenecen al mismo con cierto **Grado** que se calcula tomando la **fuerza mínima** de todas las producciones usadas para generar dicho elemento.
 - Si hay varias formas (gramática ambigua) se toma la de mayor grado de pertenencia.
 - Así, puede modelarse todo lo que permite modelar una gramática.
 - **Ejemplo:** $T \rightarrow 0.8, 0.7, 0.3, 0.1 \quad a|aT|bT|cT$
 - Son 4 producciones que restringen la forma de una función y sus valores posibles (a,b,c).
 - Cambiar la Granularidad afecta mucho.



7

CLASES de MODELOS DI FUSOS

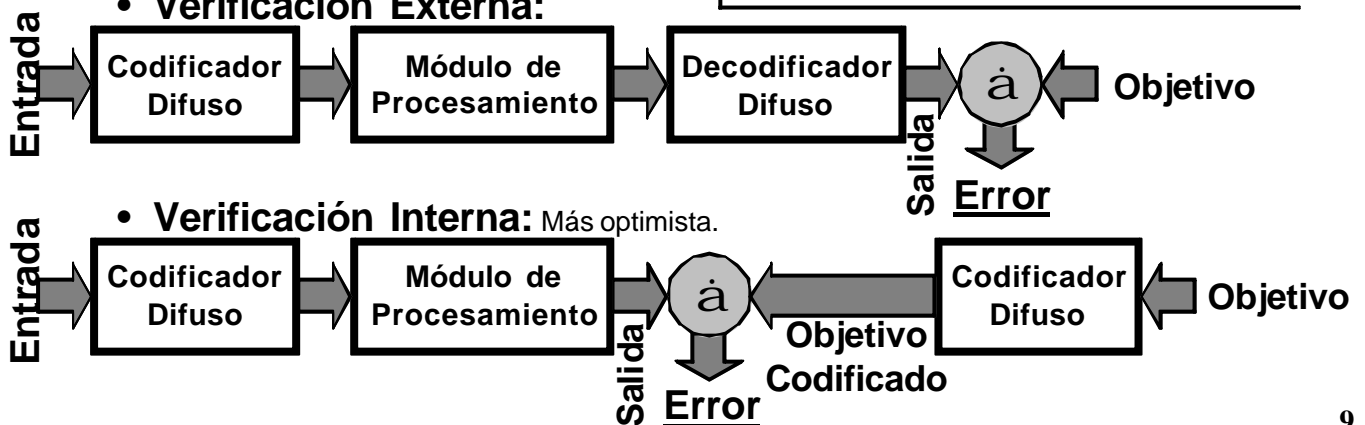
- **4. Modelos Difusos Locales** (*Local Fuzzy Models*): Un modelo es una colección de N submodelos con relevancia restringida a sólo una región del espacio de las variables de entrada X (Takagi, Sugeno, 1985; Sugeno, Yasukawa, 1993).
 - La **pertenencia de las variables de entrada** a las N regiones puede ser difusa $A_i(x)$, de forma que una entrada puede disparar varios modelos: $y = \frac{\sum_{i=1}^N A_i(x) f_i(x)}{\sum_{i=1}^N A_i(x)}$
- donde x e y son las variables de entrada y salida respectivamente, A_i son los conjuntos difusos sobre la entrada y los f_i son las funciones que representan los resultados de cada modelo local en la región i -ésima del espacio de las variables de entrada.
- A veces se considera la ecuación anterior como un peso w_i , en cada región y el resultado global es una combinación lineal de los f_i : $w_i = (A_i(x) f_i(x)) / \sum_{i=1}^N A_i(x)$; $\Rightarrow y = \sum_{i=1}^N w_i(x) f_i(x)$
 - Se llama **partición difusa** (*fuzzy partition*) si: $\sum_{i=1}^N A_i(x) = 1$
 - Por supuesto, los modelos locales (f_i) pueden ser de muchos tipos.



8

PROCESO VV en un Modelo Difuso

- **Verificación:** El objetivo es caracterizar la capacidad aproximativa del modelo según los **datos disponibles**, que pueden ser de dos tipos:
 - **Datos de Entrenamiento** (*Training Data*): Se usan los mismos datos usados para la construcción del modelo.
 - **Datos de Prueba** (*Testing Data*): Es más realista pues usa otra colección de datos diferente a la usada para el desarrollo.
 - Respecto al **Nivel de Verificación:**
 - **Verificación Externa:**
- **Validación:** Es más subjetiva. Dos criterios principales
 - **Utilidad del modelo para representar y solucionar los problemas inicialmente planteados.**
 - **Habilidad para trabajar con distintas Granularidades, incluyendo el nivel más bajo (numérico).**



9

Bibliografía

- J.C. Bezdek, "Fuzzy Models: What Are They, and Why?". IEEE Trans. on Fuzzy Systems 1, pp. 1-6, 1993.
- W. Pedrycz, "Processing in Relation Structures: Fuzzy Relational Equations". Fuzzy Sets and Systems 40, pp. 77-106, 1990.
- W. Pedrycz, "Selected Issues of Frame of Knowledge Representation Realized by Means of Linguistic Labels". International Journal of Intelligent Systems 7, pp. 155-170, 1992.
- W. Pedrycz, "Fuzzy Control and Fuzzy Systems". Research Studies Press/J. Wiley, New York, 1993a.
- W. Pedrycz, "Fuzzy Neural Networks and Neurocomputations". Fuzzy Sets and Systems 56, pp. 1-28, 1993b.
- W. Pedrycz, "Fuzzy Sets Engineering". CRC Press, Boca Raton, FL, 1995.
- E.S. Santos, "Context-Free Fuzzy Languages". Inform. and Control 26, pp. 1-11, 1976.
- M. Sugeno, T. Yasukawa, "A Fuzzy-Logic-Based Approach to Qualitative Modeling". IEEE Trans. on Fuzzy Systems 1, pp. 7-31, 1993.
- T. Takagi, M. Sugeno, "Fuzzy identification of Systems and its Application to Modeling and Control". IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics 15, pp. 116-132, 1985.
- L.A. Zadeh, "Fuzzy Sets and Systems". Proc. Symposium Syst. Theory, Polytechnic Institute of Brooklyn, pp. 29-37, 1965.
- L.A. Zadeh, "Fuzzy Sets and Information Granularity". In Advances in Fuzzy Set Theory and Applications, eds. M.M. Gupta, R.K. Ragade and R.R. Yager, pp. 3-18, North Holland, Amsterdam, 1979.

10